

IN THE UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE

Re: Application of: Stefan Oliver CZERNER, et al.
Serial No.: To Be Assigned
Filed: Herewith as national phase of International Patent
Application PCT/DE2004/000812, filed April 17, 2004
For: **METHOD FOR HEATING COMPONENTS**

Mail Stop: PCT
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

November 10, 2005

LETTER RE: PRIORITY

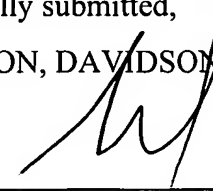
Sir:

Applicants hereby claim priority of German Applications Serial No. DE 103 22 344.4, filed May 17, 2003 through International Patent Application Serial No. PCT/DE2004/000812, filed April 17, 2004.

Respectfully submitted,

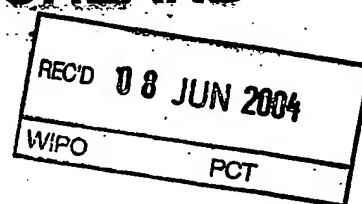
DAVIDSON, DAVIDSON & KAPPEL, LLC

By


Cary S. Kappel, Reg. No. 36,561

Davidson, Davidson & Kappel, LLC
485 Seventh Avenue, 14th Floor
New York, New York 10018
(212) 736-1940

BEST AVAILABLE COPY

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:** 103 22 344.4**Anmeldetag:** 17. Mai 2003**Anmelder/Inhaber:** MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE**Bezeichnung:** Verfahren zur Erwärmung von Bauteilen**IPC:** B 23 P 6/00**PRIORITY DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 4. Mai 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Klostermeyer

P035874

Verfahren zur Erwärmung von Bauteilen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erwärmung von Bauteilen vor und/oder während einer weiteren Bearbeitung derselben.

5

Bauteile, wie zum Beispiel Turbinenschaufeln von Gasturbinen, müssen bei der Produktion bzw. Instandhaltung derselben zur Durchführung verschiedenster Bearbeitungsverfahren erwärmt werden. Diese Erwärmung wird auch als Vorwärmung bezeichnet.

10

Bei der Instandhaltung von Turbinenschaufeln kommt zum Beispiel das sogenannte Auftragschweißen zur Anwendung. Im Zusammenhang mit dem Auftragschweißen ist die Vorwärmung der zu schweißenden Turbinenschaufeln auf eine gewünschte Prozesstemperatur erforderlich. Nur dann, wenn die zu schweißende Turbinenschaufel auf die Prozesstemperatur erwärmt worden ist und während des Auftragschweißens auf der gewünschten Prozesstemperatur gehalten wird, kann ein zuverlässiges Auftragschweißen durchgeführt werden.

15

20

Nach dem Stand der Technik werden zur Erwärmung bzw. zur Vorwärmung von Bauteilen sogenannte induktive Systeme verwendet. Bei solchen induktiven Systemen kann es sich zum Beispiel um Spulen handeln, die auf Grundlage induktiver Energieeinbringung das Bauteil erwärmen. Die Erwärmung bzw. Vorwärmung von Bauteilen mittels induktiver Systeme verfügt über den Nachteil, dass sich bei der Erwärmung bzw. Vorwärmung hohe Temperaturtoleranzen von bis zu 50°C am zu erwärmenden Bauteil einstellen können. Diese ungenaue Temperaturverteilung am zu erwärmenden Bauteil ist nachteilhaft.

25

Weiterhin verbrauchen derartige induktive Systeme sehr viel Energie. Ein weiterer Nachteil induktiver Systeme liegt darin, dass sich bei der Erwärmung bzw. Vorwärmung im Inneren des Bauteils höhere Temperaturen einstellen können als an der Oberfläche des Bauteils. Dies kann zu Beschädigungen am Bauteil führen.

30

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur Erwärmung von Bauteilen zu schaffen.

Dieses Problem wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Erfindungsgemäß wird zur Erwärmung als Energiequelle mindestens eine Lasereinrichtung verwendet.

- 5 Durch die Verwendung von Lasereinrichtungen zur Erwärmung des Bauteils wird eine schnellere Erwärmung erzielt als bei aus dem Stand der Technik bekannten Erwärmungsverfahren. Des weiteren wird durch die Verwendung von Lasereinrichtungen gewährleistet, dass innerhalb des zu erwärmenden Bauteils keine höheren Temperaturen auftreten als an seinen Oberflächen. Ferner verfügen Lasereinrichtungen über
- 10 Strahlungsenergie mit einer eng begrenzten spezifischen Wellenlänge. Als dies sorgt für eine definierte Energieeinbringung auf das Bauteil und beeinflusst das Ergebnis der Erwärmung des Bauteils vorteilhaft.

- Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden Anstellwinkel, mit welchen
- 15 die Laserstrahlen auf die oder jede Oberfläche des zu erwärmenden Bauteils treffen, an die Kontur der entsprechenden Oberfläche angepasst. Hierdurch wird die Homogenität der Energieeinbringung verbessert, insbesondere bei Bauteilen wie Turbinenschaufeln, die unterschiedlich gekrümmte Oberflächen aufweisen.

- 20 Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Erwärmung des Bauteils gemessen und abhängig hiervon wird die Erwärmung derart geregelt, dass die Leistung der oder jeder Lasereinrichtung zur Erzielung eines gewünschten Temperatur-Sollwerts angepasst wird. Dies sorgt für die Einhaltung des gewünschten Temperatur-Sollwerts, was insbesondere dann vorteilhaft ist, wenn während der Bearbeitung des Bauteils der
- 25 Temperatur-Sollwert der Erwärmung über einen längeren Zeitraum eingehalten werden soll.

- Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher
- 30 erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: eine stark schematisierte Anordnung mit einem zu erwärmenden Bauteil zur Verdeutlichung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2: eine stark schematisierte Anordnung mit einem zu erwärmenden Bauteil zur Verdeutlichung einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 3: eine stark schematisierte Anordnung mit einem zu erwärmenden Bauteil zur Verdeutlichung einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Erwärmung bzw. Vorwärmung von Bauteilen an der Vorwärmung einer Turbinenschaufel einer Gasturbine unter Bezugnahmen auf Fig. 1 bis 3 im Detail beschrieben. Die Fig. 1 bis 3 zeigen jeweils unterschiedliche Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt stark schematisiert eine Turbinenschaufel 10 einer Hochdruckturbinen eines Flugzeugtriebwerks. Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, die Turbinenschaufel 10 der Hochdruckturbinen vor und/oder während einer weiteren Bearbeitung derselben zu erwärmen. Bei der weiteren Bearbeitung der Turbinenschaufel 10 kann es sich zum Beispiel um sogenanntes Auftragschweißen handeln.

Erfindungsgemäß wird zur Erwärmung bzw. Vorwärmung des Bauteils als Energiequelle mindestens eine Lasereinrichtung verwendet. Als Lasereinrichtungen kommen vorzugsweise Diodenlaser zum Einsatz. Der Einsatz der Diodenlaser ist besonderes vorteilhaft. Alternativ oder zusätzlich zu den Diodenlasern können jedoch auch andere Laserstrahlungsquellen als Energiequellen eingesetzt werden. Beispielfhaft seien hier CO₂-Laser, Nd-Laser, YAG-Laser oder Eximer-Laser genannt.

Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 1 wird die zu erwärmende Turbinenschaufel 10 zweiseitig von den Lasereinrichtungen bestrahlt. Dies bedeutet, dass aus zwei Bestrahlungsrichtungen Strahlungsenergie auf die zu erwärmende Turbinenschaufel 10

bzw. auf die entsprechenden Oberflächen derselben gerichtet wird. So zeigt Fig. 1 erste Pfeile 11 sowie zweite Pfeile 12. Die ersten Pfeile 11 visualisieren die Bestrahlung der zu erwärmenden Turbinenschaufel 10 aus einer ersten Bestrahlungsrichtung, die zweiten Pfeile 12 visualisieren die Bestrahlung derselben aus einer zweiten Bestrahlungsrichtung. Die beiden Bestrahlungsrichtungen im Sinne der Pfeile 11 und 12 dienen der Bestrahlung von zwei unterschiedlichen Oberflächen der Turbinenschaufel 10. Bedingt durch die Laserstrahlung wird die Turbinenschaufel 10 erwärmt.

10 Nach dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 wird die Turbinenschaufel 10 aus vier Richtungen bestrahlt. So zeigt Fig. 2 erste Pfeile 13, zweite Pfeile 14, dritte Pfeile 15 sowie vierte Pfeile 16. Die ersten Pfeile 13 visualisieren eine erste Bestrahlungsrichtung. Die zweiten Pfeile 14 visualisieren eine zweite Bestrahlungsrichtung, und die dritten bzw. vierten Pfeile 15, 16 visualisieren eine dritte bzw. vierte Bestrahlungsrichtung. Damit werden hier vier unterschiedliche Oberflächen der Turbinenschaufel 10 bestrahlt. Durch die Erhöhung der

15 Anzahl der Bestrahlungsrichtungen und damit die Erhöhung der Anzahl der verwendeten Lasereinrichtungen lässt sich die konturtolerante Beaufschlagung der Turbinenschaufel 10 mit Laserstrahlungsenergie verbessern, so dass eine homogene Erwärmung der Turbinenschaufel 10 auch bei extrem gekrümmten Oberflächen der Turbinenschaufel 10 erreicht werden kann.

20 Es ist selbstverständlich, dass neben der in Fig. 1 gezeigten zweiseitigen Bestrahlung und neben der in Fig. 2 gezeigten vierseitigen Bestrahlung auch eine einseitige sowie dreiseitige Bestrahlung der Turbinenschaufel 10 denkbar ist.

25 Die exakte Auswahl bzw. Bestimmung der Anzahl von Bestrahlungsrichtungen hängt, wie bereits erwähnt, einerseits vom zu bestrahlenden Bauteil ab und andererseits von der Art der vor und/oder während der Bestrahlung durchzuführenden weiteren Bearbeitung des Bauteils.

30 Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem die zu erwärmende bzw. vorzuwärmende Turbinenschaufel 10 aus vier Richtungen über Lasereinrichtungen bestrahlt wird. So visualisieren erste Pfeile 17 eine erste Bestrahlungsrichtung, zweite Pfeile 18 eine zweite Bestrahlungsrichtung und dritte bzw.

vierte Pfeile 19 bzw. 20 dritte und vierte Bestrahlungsrichtungen. Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3 sind die Anstellwinkel, mit welchem die Laserstrahlen auf die Oberflächen der zu erwärmenden Turbinenschaufel 10 auftreffen, an die Kontur der entsprechenden Oberflächen angepasst. So zeigt Fig. 3, dass die Laserstrahlen im Sinne der ersten Pfeile 17 mit einem anderen Winkel auf die Turbinenschaufel 10 auftreffen als die Laserstrahlen im Sinne der zweiten Pfeile 18. Durch die Anpassung der Anstellwinkel der Lasereinrichtungen in Bezug auf die jeweilige Oberfläche der zu erwärmenden Turbinenschaufel 10 lässt sich nochmals die Homogenität der Energieeinbringung bzw. Erwärmung der Turbinenschaufel 10 verbessern.

Allen Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 1 bis 3 ist demnach gemeinsam, dass die Erwärmung der Turbinenschaufel 10 durch die Verwendung von Lasereinrichtungen als Energiequellen erfolgt. Die Energieeinbringung auf die zu erwärmende Turbinenschaufel 10 erfolgt demnach berührungslos über die Oberflächen der Turbinenschaufel 10.

Es liegt weiterhin im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass die Erwärmung bzw. Vorwärmung der Turbinenschaufel 10 und damit die an den jeweiligen Oberflächen der Turbinenschaufel 10 erzielten Temperaturen berührungslos über die Oberflächen gemessen werden. Diese berührungslose Messung erfolgt unter Einsatz eines oder mehrerer Pyrometer. Für jede Bestrahlungsrichtung bzw. für jede zu bestrahlende bzw. zu erwärmende Oberfläche der Turbinenschaufel 10 kommt dabei vorzugsweise ein Pyrometer zur Temperaturkontrolle zum Einsatz. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 würden demnach zwei Pyrometer und in den Ausführungsbeispielen gemäß Figs. 3 und 4 jeweils vier Pyrometer zur Temperaturmessung an den jeweiligen Oberflächen verwendet. Daraus folgt unmittelbar, dass nicht nur die Energieeinbringung sondern auch die Temperaturmessung berührungslos über die Oberflächen der Turbinenschaufel 10 erfolgt.

Die mithilfe der berührungslosen Temperaturmessung überwachte Erwärmung bzw. Vorwärmung des Bauteils wird zu einer Regelung der Erwärmung der Turbinenschaufel 10 verwendet. So liegt es im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass das oder jedes Pyrometer die Temperatur an der entsprechenden Oberfläche der Turbinenschaufel 10 misst und ein entsprechendes Messsignal an eine nicht-dargestellte Regeleinrichtung weitergeleitet wird. Diese Messsignale werden von der Regeleinrichtung derart

weiterverarbeitet, dass ein gewünschter Temperatur-Sollwert an der entsprechenden Oberfläche erzielt wird. Hierzu wird die Leistung der Lasereinrichtungen von der Regeleinrichtung beeinflusst. Nachdem der gewünschte Temperatur-Sollwert erreicht wurde, übernimmt die weitere Regelung der Temperatur die Leistungsansteuerung der jeweiligen Lasereinrichtung.

Wie bereits erwähnt, werden als Lasereinrichtungen vorzugsweise Diodenlaser verwendet. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung von Diodenlasern, die eine lineare Leistungsabgabe bei linearer Ansteuerung aufweisen. Besonders bevorzugt erfolgt die Erwärmung bzw. Vorwärmung bei Verwendung von Diodenlasern in einen Leistungsbereich von 200 bis 800 Watt.

Weiterhin ermöglichen Diodenlaser, dass Strahlungsenergie mit einer eng begrenzten spezifischen Wellenlänge auf die zu erwärmende Turbinenschaufel 10 eingebracht werden kann. Es können Brennweiten mit positiven, negativen und parallelen Energieausbreitungen der Laserstrahlungsenergie eingesetzt werden. Speziell bei langen Brennweiten und paralleler Energiestrahlung ist auch bei wechselnder Anordnung des zu erwärmenden Bauteils bzw. der zu erwärmenden Turbinenschaufel 10 im Strahlengang eine klar definierte Bearbeitungsfläche erzielbar. Die definierte Wellenlänge der Diodenlaser ermöglicht eine besonders gute sowie definierte Begrenzung der Energieausbreitung. Hierdurch kann die zu erwärmende Oberfläche der Turbinenschaufel 10 präzise bestrahlt und erwärmt werden. Fig. 1 bis 3 zeigen jeweils die parallele Energiestrahlung aus jeder der Bestrahlungsrichtungen.

Wie bereits mehrfach erwähnt, findet die Erwärmung der Turbinenschaufel 10 insbesondere im Zusammenhang mit einer vor und/oder während der Erwärmung durchzuführenden, weiteren Bearbeitung der Turbinenschaufel 10 statt. Eine derartige Bearbeitung, bei der eine Erwärmung bzw. Vorwärmung der Turbinenschaufel 10 erforderlich ist, ist das sogenannte Auftragschweißen bzw. Laserstrahl-Auftragschweißen.

Das Laserstrahl-Auftragschweißen findet vor allem bei der Instandhaltung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, Verwendung und es erzeugt eine metallurgische Verbindung von Grund- und Zusatzwerkstoffen. So wird das Laserstrahl-Auftragschweißen

bei der Instandhaltung im Zusammenhang mit Verschleißzonen an Turbinenschaufeln benutzt, wobei es sich bei den Verschleißzonen in erster Linie um die Stirnflächen der Turbinenschaufeln von Hochdruckturbinen handelt. Bei einem derartigen Laserstrahl-Auftragschweißen kann das erfindungsgemäße Verfahren zur Erwärmung bzw.

- 5 Vorwärmung von Turbinenschaufeln 10 besonders vorteilhaft eingesetzt werden. So dient beim Laserstrahl-Auftragschweißen das erfindungsgemäße Verfahren der Vorwärmung des Grundwerkstoffs bzw. der instandzuhaltenden Turbinenschaufel. Diese werden, wie oben im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben, unter Verwendung von Diodenlasern erwärmt. Bei der Ausnutzung des erfindungsgemäßen
- 10 Verfahrens im Zusammenhang mit dem Laser-Auftragschweißen hat sich gezeigt, dass mit Diodenlasern, die bei ca. 700 W betrieben werden, ein Temperatur-Sollwert von ca. 950 °C nach einer mittleren Aufwärmzeit von 30 s erreicht werden kann. Mit dem Laser-Auftragschweißungen kann nach 40 s begonnen werden, wobei die Zeitdifferenz von 10 s der Homogenisierung des Temperaturverlaufs innerhalb der zu bearbeitenden
- 15 Turbinenschaufel dient. Zum eigentlichen Laser-Auftragschweißen werden dann separate Lasereinrichtungen verwendet.

Bezugszeichenliste

Turbinenschaufel

10

Pfeil

11

Pfeil

12

Pfeil

13

Pfeil

14

Pfeil

15

Pfeil

16

Pfeil

17

Pfeil

18

Pfeil

19

Pfeil

20

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erwärmung von Bauteilen, insbesondere von Bauteilen von Gasturbinen, vor und/oder während einer weiteren Bearbeitung derselben, **dadurch gekennzeichnet, dass zur Erwärmung als Energiequelle mindestens eine Lasereinrichtung verwendet wird.**
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil zumindest einseitig von der oder jeder Lasereinrichtung bestrahlt wird.**
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil zweiseitig aus zwei Bestrahlungsrichtungen mit Laserstrahlung bestrahlt wird, wobei vorzugsweise für jede Bestrahlungsrichtung eine Lasereinrichtung verwendet wird.**
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil allseitig aus mehreren Bestrahlungsrichtungen mit Laserstrahlung bestrahlt wird, wobei vorzugsweise für jede Bestrahlungsrichtung eine Lasereinrichtung verwendet wird.**
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass Anstellwinkel, mit welchen die Laserstrahlen auf die oder jede Oberfläche des zu erwärmenden Bauteils treffen, an die Kontur der entsprechenden Oberfläche angepasst werden.**
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmung des Bauteils gemessen und abhängig hiervon die Erwärmung derart geregelt wird, dass die Leistung der oder jeder Lasereinrichtung zur Erzielung eines gewünschten Temperatur-Sollwerts angepasst wird.**
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmung und Messung der Erwärmung des Bauteils berührungslos durchgeführt werden.**

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass als Lasereinrichtungen ein oder mehrere Diodenlaser verwendet werden.**
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil als Bauteil einer Gasturbine, insbesondere als Turbinenschaufel einer Gasturbine ausgebildet ist, wobei das Gasturbinenbauteil nach oder während der Erwärmung einer weiteren Bearbeitung unterzogen wird.**
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass nach oder während der Erwärmung das Gasturbinenbauteil einem Laser-Auftragschweißen unterzogen wird, wobei für das Laser-Auftragschweißen eine separate Lasereinrichtung zum Einsatz kommt.**

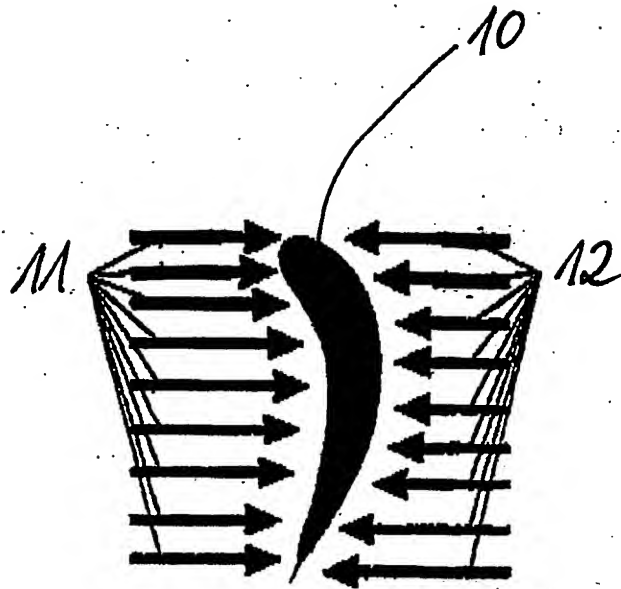


Fig 1

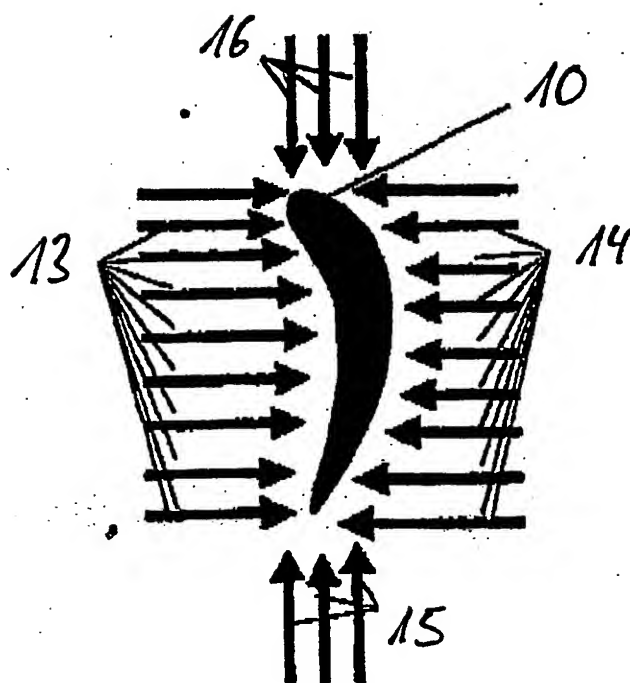
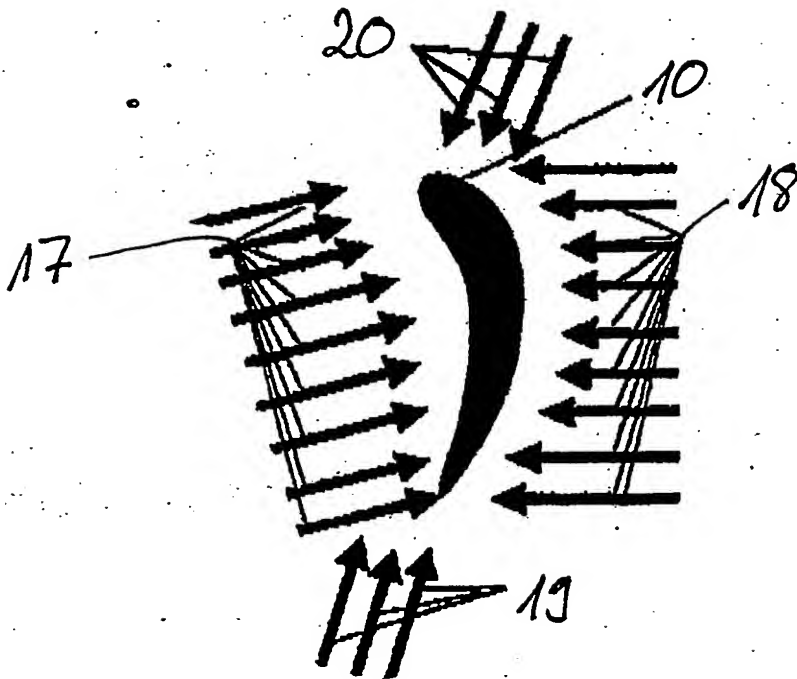


Fig. 2



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erwärmung von Bauteilen vor und/oder während einer weiteren Bearbeitung derselben.

5

Erfindungsgemäß zur Erwärmung als Energiequelle mindestens eine Lasereinrichtung verwendet wird (Fig. 1).

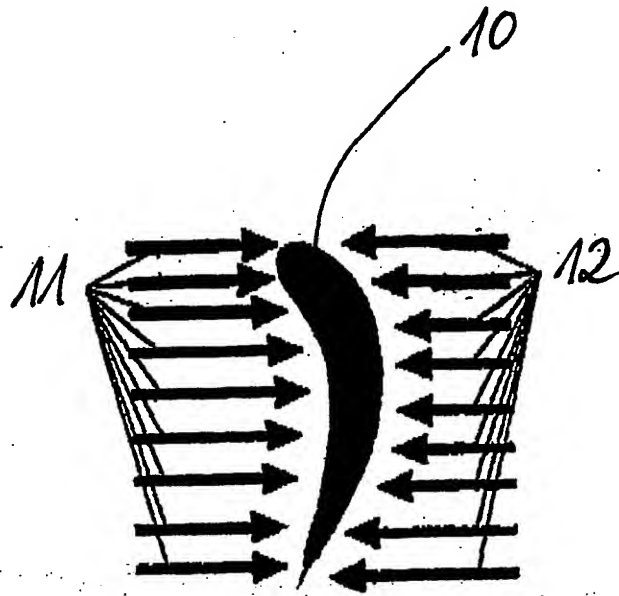


Fig 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.